Comparación de tres leguminosas arbóreas sembradas en un sustrato alcalino durante el período de aviveramiento. I. Variables morfoestructurales

Comparison of three tree legumes planted on an alkaline substratum during the nursery stage. I. Morphostructural variables

María G. Medina[1], D.E. García[1], P. Moratinos[2] y L.J. Cova[1]

[1]*Departamento de Ciencias Agrarias, Núcleo Universitario"Rafael Rangel"*
Universidad de los Andes, Trujillo, Venezuela.
E-mail: dagamar8@hotmail.com
[2]*Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Trujillo, Venezuela*

Resumen

Se llevó a cabo un ensayo en el estado Trujillo, Venezuela, con el objetivo de evaluar el comportamiento morfoestructural de *Albizia lebbeck*, *Leucaena leucocephala* (ecotipo Trujillo) y *Erythrina fusca* en condiciones de vivero. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado para mediciones repetidas en el tiempo y diez réplicas por especie. Las variables estudiadas fueron: altura de la planta; diámetro del tallo y de las ramas; número de hojas, ramas, raíces y nódulos totales; y longitud de la rama y de la raíz. Al final de la evaluación (18 semanas) no se observaron diferencias significativas entre *L. leucocephala* y *E. fusca* en la altura de la planta (45,2 y 51,0 cm), el diámetro del tallo (0,65 y 0,78 cm), el número de hojas (43 y 45) y de ramas (17 y 18) y la longitud de la raíz (32,1 y 36,5 cm). *A. lebbeck* sólo se destacó en el número de raíces (61) y de nódulos totales promedio (6). Los resultados permiten concluir que con la utilización de un sustrato alcalino en vivero, *L. leucocephala* y *E. fusca* exhibieron un comportamiento morfoestructural aéreo similar y superior que el de *A. lebbeck*; mientras que la albizia mostró mejores resultados en la morfoestructura radical.

Palabras clave: *Albizia lebbeck, Erythrina fusca, Leucaena leucocephala,* viveros

Abstract

A trial was conducted in the Trujillo state, Venezuela, in order to evaluate the morphostructural performance of *Albizia lebbeck*, *Leucaena leucocephala* (Trujillo ecotype) and *Erythrina fusca* under nursery conditions. A completely randomized design was used for repeated measurements in time and ten replications per species. The studied variables were: plant height; stem and branch diameter; number of leaves, branches, roots and total nodules; and branch and root length. At the end of the evaluation (18 weeks) no significant differences were observed between *L. leucocephala* and *E. fusca* in plant height (45,2 and 51,0 cm), stem diameter (0,65 and 0,78 cm), number of leaves (43 and 45) and branches (17 and 18) and root length (32,1 and 36,5 cm). *A. lebbeck* only stood out for the number of roots (61) and average total nodules (6). The results allow concluding that with the utilization of an alkaline substratum in nursery, *L. leucocephala* and *E. fusca* showed a similar aerial morphostructural performance and higher than that of *A. lebbeck*; while albizia showed better results in root morphostructure.

Key words: *Albizia lebbeck*, *Erythrina fusca*, *Leucaena leucocephala*, nursery

Introducción

El silvopastoreo representa una opción importante en el desarrollo de sistemas de producción animal para el trópico y una alternativa económica y ecológicamente sustentable para la alimentación de rebaños de rumiantes (Rodríguez *et al*., 2001). Estos sistemas involucran el uso de árboles y arbustos locales que interactúan con las pasturas y los animales, bajo un esquema de manejo integral, y hacen énfasis en el uso de leguminosas leñosas forrajeras, debido a que su follaje posee un alto contenido de proteína.

Entre las especies leguminosas utilizadas como componentes importantes de los sistemas agroforestales, se destaca *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit. (Toral, 1998; Toral, 2000). Sin embargo, existen otras leñosas perennes en Venezuela que no han sido evaluadas en condiciones de vivero, cuyo potencial está subestimado.

El género *Albizia* constituye uno de los grupos de leguminosas de mayor naturaleza multipropósito (García y Medina, 2005) y particularmente la especie *Albizia lebbeck* Benth. es de gran interés para los sistemas agrosilvopastoriles, por sus potencialidades como fuente proteínica suplementaria en la alimentación de rumiantes (Razz *et a*l., 1998; Cerero *et al*., 2002). Constituye una de las leñosas de mayor distribución en la zona occidental de Venezuela y en las regiones semiáridas con suelos poco fértiles y arenosos (Medina, 2005).

Por otra parte, las especies arbóreas del género *Erythrina* son muy usadas para sombrío en café y cacao, particularmente en el estado Trujillo, debido a su fácil propagación (Escalante, 2006); como árboles de ayuda en plantaciones de pimienta y de vainilla; y como sombra en potreros de zonas tropicales en la India, Puerto Rico y Costa Rica. Cumplen la función de mejorar el suelo, por su capacidad de integrar nitrógeno y el efecto de abono *mulch* que sus hojas generan sobre este (Medina, 2006).

Adicionalmente, por la elevada representación de *Erythrina fusca* Lourd. en los sistemas vegetales de Trujillo, esta especie es considerada como un símbolo de la Región Andina Trujillana.

Introduction

Silvopastoral systems represent an important choice in the development of animal production systems in the tropics and an economically and ecologically sustainable alternative for feeding ruminant herds (Rodríguez et *al*., 2001). These systems involve the use of local trees and shrubs, which interact with pastures and animals, under an integral management scheme, and emphasize the use of forage ligneous legumes, because their foliage has high protein content.

Among the legume species used as important components of agroforestry systems *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit. stands out (Toral, 1998; Toral, 2000). However, there are other perennial ligneous plants in Venezuela that have not been evaluated under nursery conditions, and which potential is underestimated.

The *Albizia* genus constitutes one of the legume groups with higher multipurpose nature (García and Medina, 2005) and particularly the species *Albizia lebbeck* Benth. is of great interest for agrosilvopastoral systems, due to its potential as supplementary protein source in ruminant feeding (Razz *et al*., 1998; Cerero *et al*., 2002). It constitutes one of the most widely distributed legumes in the western region of Venezuela and in semiarid regions with little fertile and sandy soils (Medina, 2005).

On the other hand the tree species of the *Erythrina* genus are much used for shade in coffee and cocoa, particularly in the Trujillo state, due to their easy propagation (Escalante, 2006); as support trees in pepper and vanilla plantations; and as shade in paddocks of tropical zones in India, Puerto Rico and Costa Rica. They ameliorate the soil, because of their capacity to integrate nitrogen and the mulch effect their leaves generate on it (Medina, 2006).

Additionally, due to the high representation of *Erythrina fusca* Lourd. in plant systems in Trujillo, this species is considered a symbol of the Andean region of Trujillo.

The objective of this study was to evaluate the morphostructural performance of *A. lebbeck*, *L. leucocephala* (Trujillo ecotype) and *E. fusca* under nursery conditions and with an alkaline substratum.

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento morfoestructural de *A. lebbeck*, *L. leucocephala* (ecotipo Trujillo) y *E. fusca* en condiciones de vivero y con un sustrato alcalino.

Materiales y Métodos

Ubicación del área experimental. El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicada en la región central del estado Trujillo, a una altitud de 345 msnm en la población de Pampanito, municipio Pampanito, Venezuela. El área experimental tiene una precipitación promedio anual de 1 500 mm y temperatura media de 27ºC.

Tratamientos. Se estudiaron tres especies con potencial de uso en sistemas agroforestales en el estado Trujillo: *A. lebbeck* (samán margariteño), *L. leucocephala* (leucaena) ecotipo Trujillo y *E. fusca* (bucare anauco).

Características del sustrato utilizado. Para el aviveramiento de las plántulas se utilizaron bolsas de polietileno negro horadadas, con capacidad de 3 kg, las cuales se llenaron con un sustrato compuesto por 70% de suelo franco-limoso alcalino (pH: 8,9), 10% de arena y 20% de estiércol bovino compostado.

Procedimiento experimental

En cada bolsa se colocaron tres semillas de cada especie, todas recién cosechadas y previamente seleccionadas (descartando aquellas que presentaban daños mecánicos y/o enfermedades), a las cuales se les aplicó tratamientos pregerminativos con el objetivo de garantizar una emergencia satisfactoria. Las simientes de *L. leucocephala* se sumergieron en agua caliente a 80°C durante dos minutos (González *et al*., 2005). Para *A. lebbeck* se empleó la inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas y transcurrido este tiempo se procedió a realizarles un corte ligero de la cubierta seminal en la zona opuesta al embrión. En el caso de las semillas de *E. fusca* se utilizó la inmersión durante 24 horas en agua a temperatura ambiente (Rodríguez y Murgueitio, 1995).

Materials and Methods

Location of the experimental area. The trial was conducted at the Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research (INIA), located in the central region of the Trujillo state, at an altitude of 345 masl in the Pampanito town, Pamapanito municipality, Venezuela. The experimental area has an annual average rainfall of 1 500 mm and a mean temperature of 27ºC.

Treatments. Three species with potential to be used in agroforestry systems of the Trujillo state were studied: *A. lebbeck*, *L. leucocephala* (Trujillo ecotype) and *E. fusca*.

Characteristics of the substratum used. For nursing the plants perforated black polyethylene bags were used with capacity of 3 kg, which were filled with a substratum composed by 70% alkaline loamy soil (pH: 8,9), 10% sand and 20% composted cattle manure.

Experimental procedure

In each bag three seeds of each species were planted, all newly-harvested and previously selected (discarding those that showed mechanical damage and/or diseases), on which pre-germinative treatments were applied in order to guarantee a satisfactory emergence. The *L. leucocephala* seeds were dipped in hot water at 80ºC for two minutes (González *et al*., 2005). For *A. lebbeck*, immersion in water at room temperature for 24 hours was used and after that time a slight cut was performed on the seed coat in the zone opposed to the embryo. In the case of *E. fusca* seeds, immersion was used during 24 hours in water at room temperature (Rodríguez and Murgueitio, 1995).

The distribution of the bags that contained each species was randomly made in the nursery area (50 m^2), to prevent the possible influence of shade in specific parts of the area and the effect of changes in solar intensity, regarding the time of day.

All the material planted in the nursery received irrigation daily in the morning (4 L/minute/m^2) in order to maintain the necessary moisture for the emergence and development of new seedlings. When they reached an average height of 7 cm a

La distribución de las bolsas que contenían cada especie se realizó de forma aleatoria en el área de vivero (50 m^2), para así evitar posibles sesgos por la influencia de la sombra en partes específicas del área y el efecto de los cambios de la intensidad solar, en función de las horas del día.

Todo el material plantado en el vivero recibió un riego diario en horas de la mañana (4 L/minuto/m^2) para mantener la humedad necesaria para la emergencia y el desarrollo de las nuevas plántulas. Cuando estas alcanzaron una altura promedio de 7 cm se hizo una labor de raleo para dejar en cada bolsa la más vigorosa, a partir de lo recomendado por Medina y García (2010) para evaluaciones anteriores en sustratos alcalinos. No se aplicó enraizador ni fertilizante químico, ya que las condiciones del sustrato se consideraron óptimas.

Mediciones

Las mediciones se realizaron con una frecuencia semanal (primera medición: siete días después de la emergencia), mediante muestreos destructivos a 10 plantas por medición, durante las 18 semanas.

Las variables evaluadas fueron: altura de la planta en centímetros (con regla graduada, desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama apical), diámetro del tallo en centímetros (en la base de la plántula, con pie de rey), número de ramas, de hojas, de raíces y de nódulos (mediante conteo visual), longitud de las ramas y de la raíz (en centímetros, con regla graduada), y diámetro de las ramas (en la intercepción de la base de la rama y el tallo, con pie de rey).

El conteo de los nódulos se hizo después que se midió el resto de las variables, en cada momento de medición. Se retiró con cuidado la bolsa y la tierra remanente para dejar el sistema radical de cada planta totalmente descubierto y contabilizar el número de nódulos y de raíces, así como medir la longitud de estas. Se verificó la ausencia de nódulos en la tierra retirada, por efecto de desprendimiento mecánico de estos en el momento de la remoción.

thinning labor was performed to leave the most vigorous one in each bag, from the recommendations made by Medina and García (2010) for previous evaluations on alkaline substrata. Neither rooting stimulators nor chemical fertilizers were applied, because the substratum conditions were considered optimum.

Measurements

The measurements were made with a weekly frequency (first measurement: seven days after emergence), by means of destructive samplings in 10 plants per measurement, during the 18 weeks.

The evaluated variables were: plant height in centimeters (with graduated ruler, from the soil level to the apex of the apical branch), stem diameter in centimeters (at the base of the seedling, with caliper), number of branches, leaves, roots and nodules (through visual count), branch and root length (in centimeters with graduated ruler), and branch diameter (at the base interception of the branch and stem, with caliper).

The nodule count was made after the other variables were measured, at each measurement time. The bag and the remnant soil were carefully withdrawn in order to leave the root system of each plant uncovered and count the number of nodules and roots, as well as to measure root length. The absence of nodules in the withdrawn soil due to mechanical detachment at the moment of removal was verified.

Experimental design, treatments and statistical analysis. A completely randomized design, with measurements repeated in time and ten replications per treatment were used. For the data processing the statistical pack SPSS version 10.0 for Windows was used.

The data were processed through a variance analysis. For the mean comparison Duncan’s multiple test (Duncan, 1955) was used, with a significance level $P \leq 0,05$.

Results and Discussion

Regarding the height variable (fig. 1) the species grew progressively throughout the experiment, although in the first six weeks of

Diseño experimental, tratamientos y análisis estadístico. Se empleó un diseño totalmente aleatorizado, con mediciones repetidas en el tiempo y diez réplicas por tratamiento. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows.

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza. Para la comparación de medias se utilizó la dócima múltiple de Duncan (Duncan, 1955), con un nivel de significación P≤0,05.

Resultados y Discusión

En cuanto a la variable altura (fig. 1) las especies crecieron de forma progresiva durante todo el experimento, aunque en las seis primeras semanas de evaluación no se observaron diferencias significativas entre ellas. A partir de la séptima semana, leucaena y erythrina mostraron un ascenso marcado en esta variable y con ello superaron significativamente a albizia (P<0,05). Un patrón idéntico de comportamiento se mantuvo hasta el final de la evaluación.

Durante todo el ensayo erythrina presentó una alta velocidad de crecimiento, y a las 18 semanas logró más de 50 cm de altura; mientras que leucaena, hasta la semana ocho, mostró aumentos notables en su altura en cada una de las mediciones y posteriormente estos fueron menos marcados, llegando a alcanzar 45,2 cm. Albizia tuvo el menor crecimiento y mostró incrementos

evaluation no significant differences were observed among them. Since the seventh week, *L. leucocephala* and *E. fusca* showed a remarkable increase in this variable and with that they significantly exceeded *A. lebbeck* (P<0,05). An identical performance pattern was maintained until the end of the evaluation.

During the whole trial, *E. fusca* showed high growth rate, and after 18 weeks it was more than 50 cm high; while leucaena, until week eight, showed remarkable increases in height in each measurement and afterwards they were less noticeable, reaching 45,2 cm. *A. lebbeck* showed the lowest growth rate and showed constant but discreet height increases; this species measured 22,6 cm in the eighteenth week.

The performance pattern of height could have been related to the favorable environmental conditions that prevailed during the trial, seed quality, adequate substratum on which the seedlings were developed and maintenance labors, aspects that have a noticeable influence on the development of tree and shrub species at the initial stage (Medina *et al*., 2007).

On the other hand, the progressive growth of each species and the differentiated performance of each one, regarding their particularities, suggest that the quantity of substratum used (3 kg), as well as the space

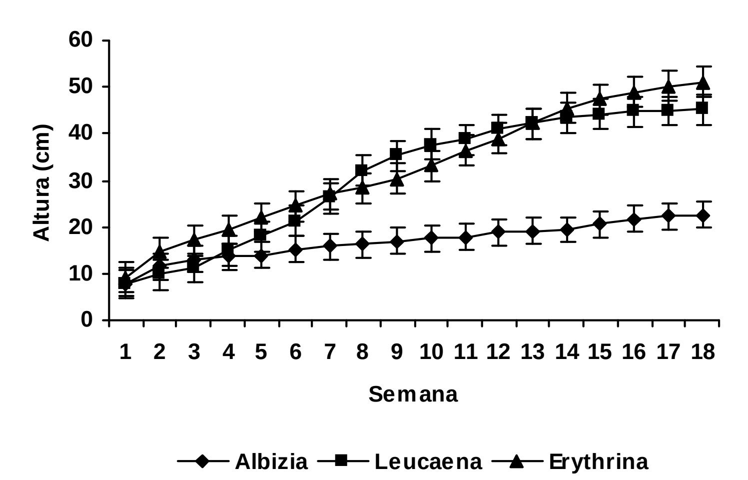


Figura 1**.** Dinámica de la altura de especies leguminosas en condiciones de vivero.

Figure 1. Legume species height dynamics under nursery conditions.

Pastos y Forrajes, Vol. 34, No. 1, enero-marzo, 37-52, 2011

constantes en la altura, pero discretos; esta especie midió 22,6 cm en la décimoctava semana.

El patrón de comportamiento de la altura pudo estar relacionado con las condiciones ambientales favorables que prevalecieron durante el ensayo, la calidad de las semillas, el adecuado sustrato en que se desarrollaron las plántulas y las labores de mantenimiento, aspectos que influyen notablemente en el desarrollo de las especies arbóreas y arbustivas en la etapa inicial (Medina *et al*., 2007).

Por otra parte, el crecimiento progresivo de cada especie y el comportamiento diferenciado de cada una, en función de sus particularidades, sugiere que la cantidad de sustrato utilizado (3 kg), así como el espacio proporcionado en la bolsa para el crecimiento de las plantas (2 000 cm^3), fueron adecuados para que las plántulas pudieran crecer sin limitaciones de volumen en la etapa inicial, si se considera que en vivero la absorción de nutrimentos está circunscrita a las condiciones y la fertilidad del sustrato utilizado (Medina, 2006).

Los valores de la altura de la planta en este estudio coinciden, para la leucaena y la erythrina, con los reportados por Toral (1998), quien informó 37,7 cm como promedio para esta variable, al estudiar el comportamiento de *A. lebbeck*, *Albizia saman*, *Bauhinia purpurea*, *Bauhinia variegata*, *Cassia grandis* y *Erythrina indica* en vivero a las 12 semanas. También coinciden con los informados por Wencomo *et al*. (2003) y Wencomo (2004) al evaluar 145 y 50 accesiones de *Leucaena* spp., respectivamente, cuya altura promedio fue de 25,0 y 21,7 cm, en períodos de evaluación más cortos que el de este experimento.

Considerando que el período de aviveramiento para plantas con fines silvopastoriles culmina cuando alcanzan entre 30 y 40 cm de altura (Toral, 2000), se infiere que para las condiciones en que se desarrolló el ensayo, es necesario aumentar dicho período para *A. lebbeck*. En el caso de *L. leucocephala* y *E. fusca* el transplante se puede realizar a partir de la octava semana, cuando estas plantas comienzan a medir más de 30 cm. Resultados similares fueron obtenidos por Medina *et al*. (2007), quienes provided in the bag for plant growth (2 000 cm^3), were adequate for the seedlings to grow without volume limitations in the initial stage; if it is considered that in nursery nutrient absorption is to the conditions and fertility of the substratum used (Medina, 2006).

The plant height values in this study coincide for leucaena and erythrina, with the ones obtained by Toral (1998), who reported 37,7 cm as average for this variable, when studying the performance of *A. lebbeck*, *Albizia saman*, *Bauhinia purpurea*, *Bauhinia variegata*, *Cassia grandis* and *Erythrina indica* in nursery after 12 weeks. They also coincide with the reports by Wencomo *et al*. (2003) and Wencomo (2004) when evaluating 145 and 50 *Leucaena* spp. accessions, respectively, which average height was 25,0 and 21,7 cm, in shorter evaluation periods than this experiment.

Considering that the nursery period for plants with silvopastoral purposes ends when they reach between 30 and 40 cm of height (Toral, 2000), it is inferred that for the conditions under which the trial was conducted, it is necessary to increase such period for *A. lebbeck*. In the case of *L. leucocephala* and *E. fusca*, the transplant can be made since the eighth week, when these plants begin to measure more than 30 cm. Similar results were obtained by Medina *et al*. (2007), who evaluated the performance in nursery of leucaena and *Moringa oleifera*, on alkaline substratum and recommended two months as transplant time. Nevertheless, the performance of the tree and shrub species in the initial stage depends not only on edaphoclimatic factors and substratum characteristics, but also on the performance of each species and accession (Medina, 2006).

The evolution of stem diameter of the species is shown in figure 2. Significant increases ($P<0,05$) were observed in week 11, moment from which erythrina and leucaena differentiated from albizia until the end of the experiment.

These results prove that, since emergence, the evaluated tree species showed a similar performance, characterized by a slow and progressive thickening of the stem.

evaluaron el desempeño en vivero de leucaena y *Moringa oleifera*, en sustrato alcalino, y recomendaron dos meses como tiempo de transplante. No obstante, el desempeño de las especies arbóreas y arbustivas en la etapa inicial de crecimiento depende no sólo de los factores edafoclimáticos y de las características del sustrato, sino también del comportamiento propio de cada especie y accesión (Medina, 2006).

La evolución del diámetro del tallo de las especies se muestra en la figura 2. Se observaron incrementos significativos (P<0,05) en la semana 11, momento a partir del cual erythrina y leucaena se diferenciaron de albizia hasta el final del experimento.

Estos resultados demuestran que, desde la emergencia, las especies arbóreas evaluadas presentaron un comportamiento similar, caracterizado por un engrosamiento lento y progresivo del tallo.

El promedio de esta variable se consideró superior al obtenido por Wencomo (2004) para accesiones de *Leucaena* spp. (0,3 cm) a las 10 semanas, relacionado quizás con las condiciones ambientales que prevalecieron en las áreas de estudio o las particularidades genéticas de las accesiones utilizadas en cada ensayo.

Con respecto al número de hojas, se observaron diferencias significativas a partir de la séptima semana (fig. 3) entre albizia (que

The average of this variable was considered higher than the one obtained by Wencomo (2004) for *Leucaena* spp. accessions (0,3 cm) after 10 weeks, maybe related to the environmental conditions that prevailed in the study areas or the genetic particularities of the accessions used for this essay.

Regarding leaf number, significant differences were observed since the seventh week (fig. 3) between albizia (which showed slow leaf formation) and the other species evaluated (P<0,05). Since that week an accelerated leaf production stage began in leucaena, which had statistical differences with erythrina (P<0,05) between weeks nine and twelve. However, in the three final weeks of the trial no differences were observed between both species.

The dynamics of the number of primary branches is shown in figure 4. Until the seventh evaluation no significant differences were found among the species. Since week nine and until week 11, the species were different among themselves, in favor of leucaena (P<0,05); in the following weeks leucaena and erythrina did not show differences between themselves.

The higher values of this variable constitute a desirable characteristic for tree species, because their higher leaf production and accelerated lateral growth are translated into higher foliage availability for the animal under silvopastoral

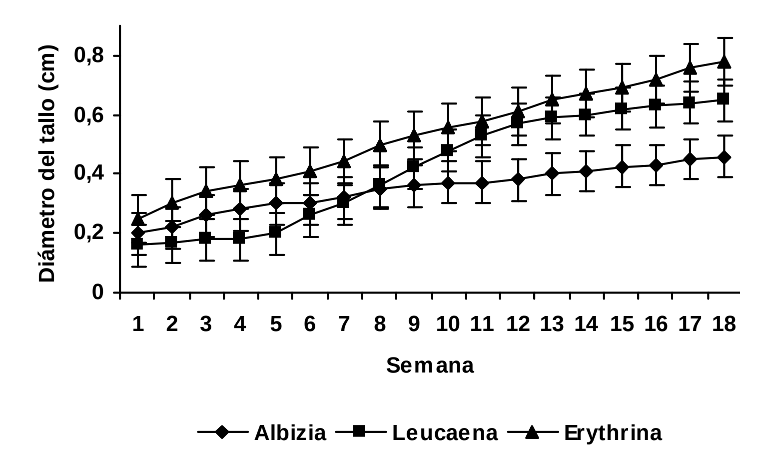


Figura 2. Dinámica del diámetro del tallo de especies leguminosas en condiciones de vivero.

Figure 2. Legume species stem diameter dynamics under nursery conditions.

presentó una lenta formación de hojas) y el resto de las especies evaluadas (P<0,05). A partir de esta semana se inició una etapa de producción foliar acelerada en leucaena, la cual tuvo diferencias estadísticas con erythrina (P<0,05) entre las semanas nueve y doce. Sin embargo, en las tres semanas finales del ensayo no se observaron diferencias entre ambas especies.

La dinámica del número de ramas primarias se muestra en la figura 4. Se observó que hasta la séptima evaluación no se encontraron diferencias significativas entre las especies. A partir de

system conditions (Ruiz *et al*., 1992). However, it is precocious to state that an outstanding performance in nursery (totally atypical conditions) presupposes a similar performance in the silvopastoral system, because it does not have to be maintained when the plants are transferred to the field, as the plant phenotype is a response to the environment and the phenotypical response can be different when the environment changes.

Likewise, the values obtained at the end of the evaluation (12-18 branches) are considered

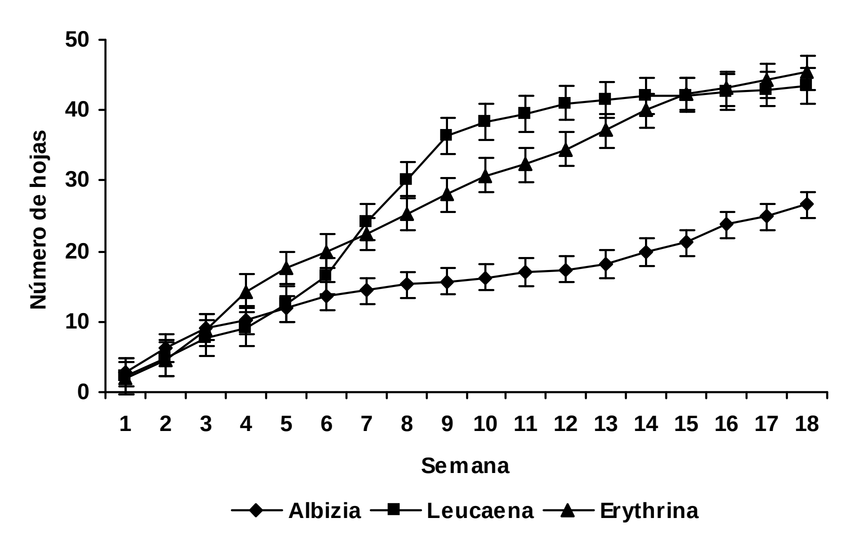


Figura 3. Dinámica del número de hojas de especies leguminosas en condiciones de vivero.

Figure 3. Legume species leaf number dynamics under nursery conditions.

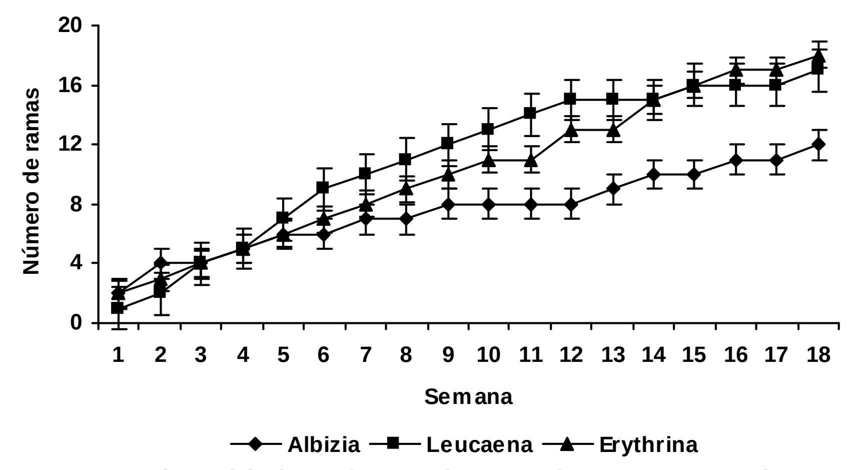


Figura 4. Dinámica del número de ramas de especies leguminosas en condiciones de vivero.

Figure 4. Legume species branch number dynamics under nursery conditions.

la semana nueve, y hasta la 11, las especies se diferenciaron entre sí, a favor de leucaena (P<0,05); en las semanas posteriores leucaena y erythrina no mostraron diferencias entre sí.

Los mayores valores de esta variable constituyen una característica deseable para las especies de porte arbóreo, debido a que la mayor producción de ramas y el crecimiento acelerado lateral de estas se manifiestan en una mayor disponibilidad de follaje para el animal durante el silvopastoreo (Ruiz *et al*., 1992). Sin embargo, resulta precoz afirmar que un comportamiento sobresaliente en vivero (condiciones totalmente atípicas) presuponga un desempeño similar en el sistema silvopastoril, ya que no necesariamente se tiene que mantener cuando se trasladan al campo, debido a que el fenotipo de la planta es una respuesta al medio y la respuesta fenotípica puede ser diferente cuando cambia el medio circundante.

Asimismo, los valores obtenidos al final de la evaluación (12-18 ramas) se consideran bajos en comparación con los reportados por Medina y García (2010) (22-27 ramas) en estudios que antecedieron a esta investigación (basado en el uso de sustratos alcalinos), así como con los obtenidos por Angulo *et al*. (1997) (valor máximo, 44 ramas).

Las figuras 5 y 6 muestran la evolución del diámetro y de la longitud de las ramas primarias, respectivamente. En las primeras cinco semanas de evaluación no se observaron diferencias significativas entre las especies para estas dos variables. En el resto de las semanas hubo diferencias estadísticas a favor de la erythrina (P<0,05).

Durante todo el ensayo, en leucaena y albizia no se constataron diferencias estadísticas entre sí. En el caso de la erythrina los aumentos en el grosor y la longitud de las ramas fueron continuos en todos los momentos de medición; mientras que las otras dos especies mostraron incrementos discretos.

Al respecto, es conocida la importancia que poseen la morfología y la disposición de las ramas en la arquitectura de las plantas usadas para ramoneo. El mejor comportamiento morfoestructural de erythrina, en cuanto al diámetro de ramas, quizás se relacione con el

low as compared to the ones reported by Medina and García (2010) (22-27 branches) in studies that preceded this research (based on the use of alkaline substrata), as well as to those obtained by Angulo *et al*. (1997) (maximum value, 44 branches).

Figures 5 and 6 show the evolution of diameter and length of primary branches, respectively. In the first five weeks of evaluation no significant differences were observed among the species for these two variables. In the remaining weeks there were statistical differences in favor of erythrina (P<0,05).

Throughout the trial, no statistical differences were observed between leucaena and albizia. In the case of erythrina the branch diameter and length increases were continuous at all measurement times; while the other two species showed discreet increases.

In this regard, the importance of branch morphology and disposition in the architecture of the plants used for browsing is known. The best morphostructural performance of erythrina, regarding branch diameter is perhaps related to the development of this tree which has branches of 40 cm diameter and 14 m long as average in adulthood and it is considered one of the giant tropical trees (Medina, 2006). Considering this intrinsic characteristic of *E. fusca*, it is possible that since the nursery stage differences are likely to be observed regarding other lower-size trees, such as albizia and leucaena.

In this sense, the average branch length of the three species at the end of the evaluation was higher than that obtained by Medina *et al.* (2007) (16 vs. 12 cm).

The root system is an important aspect for the plants that are used in silvopastoral systems, because mid- and long-term species survival is related to root number and length, which allows higher water and nutrient absorption, as well as counteracting the physical impact caused by the animal when grazing and browsing. Hence the importance of the nursery stage, when the plant begins to form and develop such system.

During the whole trial albizia showed the highest development of the root system.

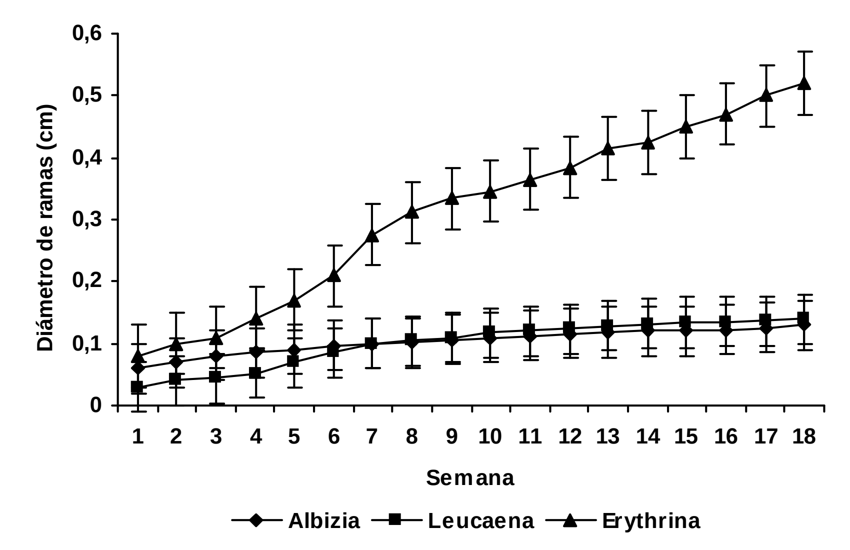


Figura 5. Dinámica del diámetro de ramas de especies leguminosas en condiciones de vivero.
Figure 5. Legume species branch diameter dynamics under nursery conditions.

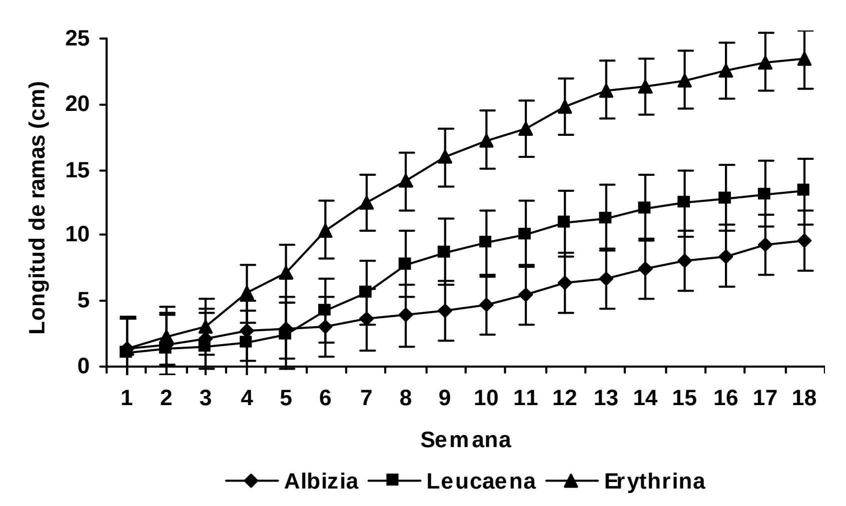


Figura 6. Dinámica de la longitud de ramas de especies leguminosas en condiciones de vivero.
Figure 6. Legume species branch length dynamics under nursery conditions.

desarrollo de esta arbórea, la cual llega a exhibir ramas de 40 cm de diámetro y 14 m de longitud promedio en la adultez y está catalogada como uno de los árboles tropicales de porte gigante (Medina, 2006). Considerando esta característica intrínseca de *E. fusca*, es posible que desde la etapa de vivero se comience a constatar diferencias respecto a otras arbóreas de menor tamaño, tales como albizia y leucaena.

En este sentido, la longitud de ramas promedio de las tres especies al final de la evaluación

Statistical differences were observed in favor of this species regarding root number ($P<0,05$), as compared to leucaena and erythrina in 12 of the 18 weeks of evaluation (figs. 7 and 8).

Regarding root length the species did not show statistical differences among themselves at any moment of the evaluation, and showed a constant elongation of the root part during the essay.

Soils or substrata with contrasting pH are known to influence drastically root production.

fue superior a lo obtenido por Medina *et al.* (2007) (16 vs. 12 cm).

El sistema radical es un aspecto importante para las plantas que se utilizan en los sistemas silvopastoriles, ya que la sobrevivencia de las especies a mediano y largo plazo se encuentra relacionada con el número y la longitud de las raíces, lo cual permite una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, así como contrarrestar el impacto físico que causa el animal al pastorear y ramonear. De ahí la importancia de la etapa de vivero, cuando la planta comienza a formar y desarrollar dicho sistema.

Durante todo el ensayo albizia mostró el mayor desarrollo del sistema radical. Se observaron diferencias estadísticas a favor de esta especie en el número de raíces (P<0,05), comparada con leucaena y erythrina en 12 de las 18 semanas de evaluación (figs. 7 y 8).

Con respecto a la longitud de las raíces las especies no manifestaron diferencias estadísticas entre sí en ningún momento de la evaluación, y mostraron una elongación constante de la parte radical en el transcurso del ensayo.

Es conocido que los suelos o sustratos con pH contrastante influyen drásticamente en la producción de raíces. Sin embargo, no todas

However, not all ligneous species respond equally, regarding root development, to soils and substrata of different composition. Albizia is considered a legume that adapts very well to contrasting conditions of acidity and nutrient-poor soils (Medina, 2006). Yet, although the leucaena ecotype used is native from zones with alkaline soils of the Trujillo state and *E. fusca* has shown excellent growth under the same edaphic conditions, albizia showed a better performance. This result should be considered relevant to develop later studies, aiming at incorporating representatively this species in silvopastoral systems from Trujillo or in zones within the state and the country which are eroded or under bad natural fertility conditions.

The number of roots as well as their length, at the end of this study, indicates that the species showed a progressive development of the root system; this is important, because the root is an essential organ to guarantee a vigorous aerial development (Pineda, 2004) and the anchorage function of the plant in later stages (Medina, 2006). Nevertheless, in general albizia showed better integral results, because although no

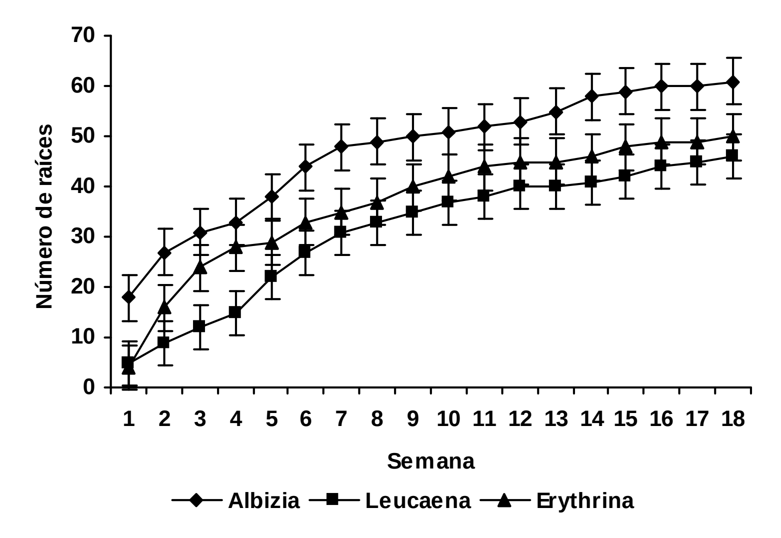


Figura 7. Dinámica del número de raíces de especies leguminosas en condiciones de vivero.

Figure 7. Legume species root number dynamics under nursery conditions.

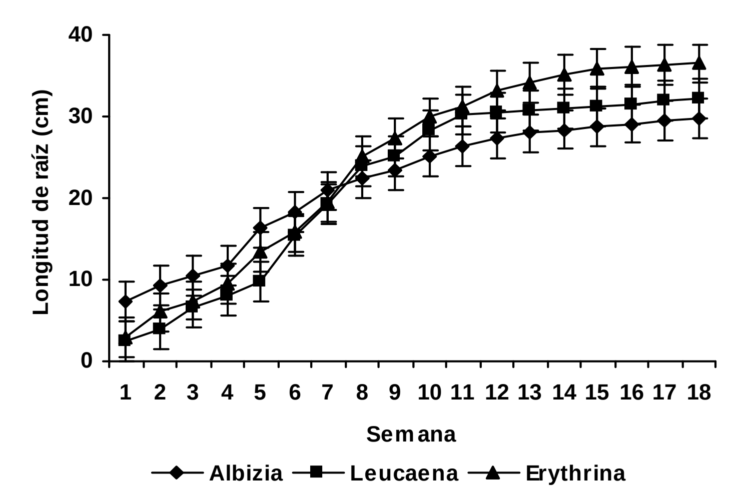


Figura 8. Dinámica de la longitud de la raíz de especies leguminosas en condiciones de vivero.

Figure 8. Legume species root length dynamics under nursery conditions

las especies leñosas responden igual, en cuanto al desarrollo radical, a suelos y sustratos de diferente composición. Albizia es considerada una leguminosa que se adapta muy bien a condiciones contrastantes de acidez y suelos pobres en nutrimentos (Medina, 2006). Sin embargo, aun cuando el ecotipo de leucaena utilizado es nativo de zonas con suelos alcalinos del estado Trujillo y *E. fusca* ha demostrado un excelente crecimiento en las mismas condiciones edáficas, la albizia exhibió un mejor comportamiento. Este resultado se debería considerar como relevante para desarrollar estudios posteriores, con miras a incorporar representativamente esta especie en los sistemas silvopastoriles trujillanos o en zonas dentro del estado y el país que se encuentren erosionadas o en malas condiciones de fertilidad natural.

Tanto el número de raíces como su longitud, al final de esta investigación, indican que las especies presentaron un desarrollo progresivo del sistema radical; ello resulta importante, ya que la raíz es un órgano primordial para garantizar un vigoroso desarrollo aéreo (Pineda, 2004), así como la función de anclaje del vegetal en etapas posteriores (Medina, 2006). Sin embargo, en general albizia mostró mejores resultados integrales, ya que aunque no se observaron diferencias en la longitud de las raíces entre especies, la mayor cantidad de estas en albizia condicionó

differences were observed in root length among species, their higher quantity in albizia conditioned a better underground structure of the root system.

As a comment, the fact that in the first evaluation weeks all the species showed similarity regarding the increase of the descriptor variables of the aerial and root performance could have occurred because, in addition to the taxonomic relationship they have, they show a similar architecture regarding the pattern of branch formation and arrangement after the emergence.

Yet, in general, leucaena and erythrina were better than albizia, which coincides with the reports by Toral (1998) when evaluating six forage tree species in their first development stages, and by Gómez *et al*. (2004) when studying the establishment of *L. leucocephala*, *Gliricidia sepium* and *A. lebbeck*; in both studies it was reported that in most of the evaluated variables albizia showed lower values as compared to the other species.

On the other hand, the presence of nodules was evident in erythrina from the fourth week; while in the other treatments they were detected a week later (fig. 9). Depending on the measurement, each of the species stood out at different times. Nodule emergence in albizia was significantly higher ($P<0,05$) at seven

una mejor estructura subterránea del sistema radical.

A manera de comentario, el hecho de que en las primeras semanas de evaluación todas las especies manifestaran similitud en cuanto al aumento de las variables descriptoras del comportamiento aéreo y radical pudo deberse a que, además de la relación taxonómica que presentaron, estas exhibieron una arquitectura similar en cuanto al patrón de formación y disposición de las ramas después de la emergencia.

Sin embargo, en sentido general leucaena y erythrina fueron mejores que albizia, lo cual coincide con lo informado por Toral (1998) al evaluar seis especies arbóreas forrajeras en sus primeras etapas de desarrollo, y por Gómez *et al*. (2004) al estudiar el establecimiento de *L. leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *A. lebbeck*; en ambos estudios se informó que en la mayoría de las variables evaluadas albizia presentó valores inferiores con relación a las otras especies.

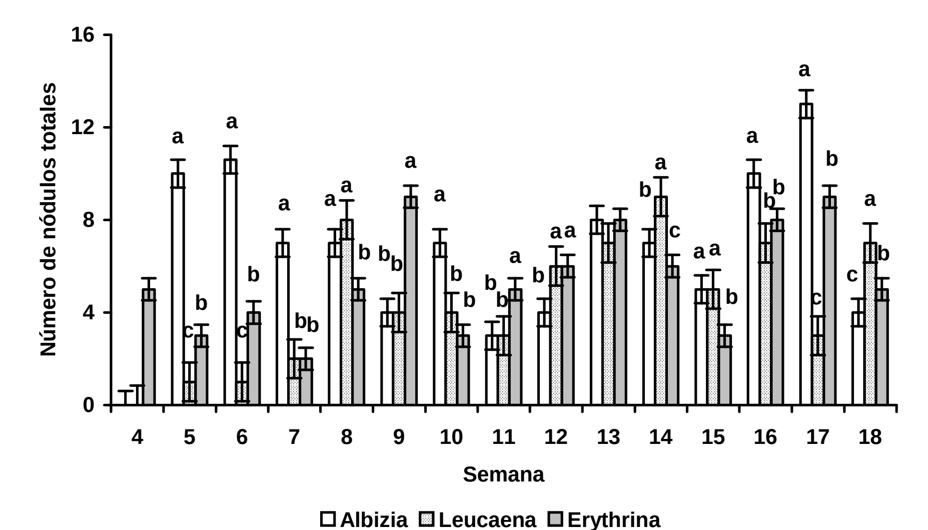
Por otra parte, la presencia de nódulos fue evidente en erythrina a partir de la cuarta semana; mientras que en los restantes tratamientos se detectaron una semana después (fig. 9). En dependencia de la medición, cada una de las especies sobresalió en diferentes momentos.

moments; while in leucaena and erythrina superiority was found only in four and three measurements, respectively.

In general, albizia showed higher abundance of nodules (six as average); on the other hand, erythrina showed as average five nodules and leucaena had the lowest quantity (four).

The fact that increases and decreases were observed in the number of total nodules in these species during the experimental period occurred because they show a constant formation and senescence dynamics, even at the nursery stage (Medina, 2006). On the other hand, the results indicated that the nodulation process did not occur immediately after the emergence, but after the first month post-planting, when the root system began to develop. Likewise, it was proven that, for the three species, symbiosis with the microorganisms present in the substratum was spontaneous, if it is taken into consideration that no previous inoculation was performed on any species.

The quantity of total nodules shown by leucaena in this work was higher than the one obtained by Razz *et al*. (1995), when evaluating the effect of fertilization with N and P on the nodulation of two ecotypes of *L. leucocephala*.



Medias con diferentes letras indican diferencias significativas a P<0,05

Figura 9. Dinámica del número de nódulos totales de especies leguminosas en condiciones de vivero.

Figure 9. Legume species total nodule number dynamics under nursery conditions.

La aparición de nódulos en albizia fue significativamente superior (P<0,05) en siete momentos; mientras que en leucaena y erythrina sólo se encontró superioridad en cuatro y tres mediciones, respectivamente.

En sentido general, albizia presentó mayor abundancia de nódulos (seis en promedio); por su parte, erythrina exhibió en promedio cinco nódulos y leucaena, la menor cantidad (cuatro).

El hecho de que se observaran incrementos y descensos en el número de nódulos totales en estas especies durante el período experimental, se debe a que estos presentan una dinámica de constante formación y senescencia, inclusive en la etapa de vivero (Medina, 2006). Por otra parte, los resultados indicaron que el proceso de nodulación no ocurrió inmediatamente después de la emergencia, sino transcurrido el primer mes después de la siembra, cuando el sistema radical comenzó a desarrollarse. Asimismo, se demostró que, para las tres especies, la simbiosis con los microorganismos presentes en el sustrato fue espontánea, si se tiene en cuenta que a ninguna se le realizó inoculación previa.

La cantidad de nódulos totales que presentó leucaena en este trabajo fue superior a la obtenida por Razz *et al*. (1995), al evaluar el efecto de la fertilización con N y P en la nodulación de dos ecotipos de *L. leucocephala*.

Conclusiones

- Las especies evaluadas en vivero utilizando un sustrato alcalino, mostraron un comportamiento diferenciado en la mayoría de las variables medidas. Leucaena y erythrina exhibieron un desempeño similar entre sí, en comparación con albizia.
- En las condiciones descritas las plántulas de *L. leucocephala* (ecotipo Trujillo) y *E. fusca* se encontraban óptimas para el transplante a partir de la octava semana, ya que presentaban una adecuada altura y óptimo desarrollo morfoestructural aéreo y radical. Para *A. lebbeck* se sugiere mayor tiempo en vivero, aun cuando el sistema radical se encuentre bien desarrollado.

Conclusions

- The species evaluated in nursery using an alkaline substratum, showed a differentiated performance in most of the measured variables. Leucaena and erythrina showed a similar performance between themselves, as compared to albizia.
- Under the described conditions, the seedlings of *L. leucocephala* (Trujillo ecotype) and *E. fusca* were optimum for transplant since the eighth week, because they showed adequate height and optimum aerial and root morphostructural development. For *A. lebbeck* more time in nursery is suggested, although the root system is well developed.
- Since the fifth week the species started to show morphostructural particularities in their growth. Leucaena and erythrina showed higher aerial morphostructural development; while albizia had a more developed root system, with higher nodule production.

Acknowledgements

The authors would like to express special thanks to the support staff of the Experimental Station of the INIA in the Trujillo state, Venezuela, for the collaboration provided to conduct this research.

--End of the English version--

- A partir de la quinta semana las especies comenzaron a exhibir particularidades morfoestructurales en su crecimiento. Leucaena y erythrina mostraron un mayor desarrollo morfoestructural aéreo; mientras que albizia presentó un sistema radical más desarrollado, con mayor producción de nódulos.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar un reconocimiento especial al personal de apoyo perteneciente a la Estación Experimental del INIA del estado Trujillo, Venezuela, por la colaboración brindada para llevar a cabo esta investigación.

Referencias bibliográficas

Angulo, R. *et al*. 1997. Efecto de diferentes aguas residuales sobre el crecimiento de la *Leucaena*

leucocephala en condiciones de vivero. *Interciencia*. 22 (1):28

Cepero, L. *et al*. 2002. Efecto de la radiación láser en semillas de *Albizia lebbeck*. I. Fase de vivero. *Pastos y Forrajes*. 25 (3):181

Escalante, E. 2006. Sistemas agroforestales en el estado Trujillo, perspectivas y limitaciones. En: I Curso Nacional de Agroforestería: Metodologías para el diseño y evaluación de sistemas agroforestales. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, estado Trujillo, Venezuela

García, D.E. & Medina, María Gabriela. 2005. Contenido antinutricional de la biomasa comestible en especies forrajeras del género *Albizia*. *Zootecnia Trop*. 23 (4):345

Gómez, I. *et al*. 2004. Establecimiento de leguminosas arbustivas en multiasociación con especies de pastos en vertisuelos. *Pastos y Forrajes*. 27:235

González, Yolanda *et al*. 2005. Técnica de hidratación-deshidratación en semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 28 (2):117

Medina, María G. 2006. Germoplasma disponible para desarrollar sistemas agroforestales en el estado Trujillo. En: Memoria I Curso Nacional de Agroforestería "Metodología de evaluación para sistemas agroforestales". INIA. Trujillo, Venezuela. p. 5

Medina, María G. *et al*. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Trop*. 25 (2):83

Medina, María G. & García, D.E. 2010. Validación de estrategias para la evaluación de especies forrajeras en vivero sometidas a sustratos alcalinos en el estado Trujillo, Venezuela. Manual técnico. Instituto de Investigaciones Agrícolas, estado Trujillo, Venezuela. 12 p.

Pineda, M. 2004. Resúmenes de fisiología vegetal. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España. p. 109-120

Razz, Rosa *et al*. 1995. Efecto de la fertilización con N y P sobre la nodulación de 2 ecotipos de *Leucaena leucocephala*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 12 (2):187

Razz, Rosa *et al*. 1998. Valor nutritivo de *Albizia lebbeck* en dos localidades del Estado Zulia, Venezuela. En: Memorias III Taller Internacional Silvopastoril."Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 52

Rodríguez, A. *et al*. 2001. Efecto de la altura y la frecuencia de poda en la producción de materia seca de *Acacia mangium* Willd. *Revista Forestal Centroamericana*. 35 (3):38

Rodríguez, Lylian & Murgueitio, E. 1995. Género *Erythrina*. En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, Colombia. p. 89

Ruiz, T.E. *et al*. 1992. Evaluación inicial de ecotipos y variedades de *Leucaena leucocephala* en Cuba. II. Rendimiento y desarrollo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 26 (2):99

Toral, Odalys. 1998. Comportamiento de especies arbóreas forrajeras en sus primeras etapas de desarrollo. *Pastos y Forrajes*. 21 (4): 293

Toral, Odalys. 2000. La utilización del germoplasma arbóreo forrajero. En: Los árboles y arbustos en la ganadería. Tomo II. Nuevos aportes del silvopastoreo. (Ed. L. Simón) Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 1

Wencomo, Hilda. 2004. Evaluación de 50 accesiones de *Leucaena* spp. en la fase de vivero. *Pastos y Forrajes*. 27 (4):321

Wencomo, Hilda *et al*. 2003. Comportamiento de 145 accesiones de *Leucaena spp*. aviveradas en un sustrato con suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 26 (1):21

Recibido el 16 de marzo del 2009
Aceptado el 15 de diciembre del 2010